

活塞式造波板的造波方程式

配合邊界元素法進行 2 維活塞式造波數值模擬，必須知道假想活塞式造波板運動速度，使其滿足欲模擬的波形。

1. 簡谐波

模擬簡谐波，造波板運動速度 $U(t)$ 為

$$U(t) = \zeta_0 \sigma \frac{\sinh kh \cosh kh + kh}{2 \sinh^2 kh} \sin \sigma t$$

ζ_0 為造波振幅， $\sigma (=2\pi/T)$ 為造波角週頻率， T 為造波週期， k 為波數。

2. 孤立波

2011 埃及尼羅河之旅

模擬孤立波，根據 Boussinesq 理論， $U(t)$ 可以表示如下

$$U(t) = x_0 \omega \operatorname{sech} h^2(t - t_c)$$

$$x_0 = h_0 \sqrt{\frac{4H_0}{3(H_0 + h_0)}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{h_0}} \sqrt{\frac{3H_0}{4h_0} \left(1 + \frac{H_0}{h_0}\right)}$$

$t_c = \pi/\omega$
載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

x_0 為造波板半衝程(semistroke)， H_0 為欲造波的孤立波波高， h_0 為造波水槽水深， ω 為特徵角頻率(characteristic angular frequency)， t_c 為特徵時間(characteristic time)。

3. 不規則波

模擬造波波譜為 $S(f)$ 時，造波板運動速度 $U(t)$ 為

$$U(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2df S(f_n)} \sigma_n \cos(\sigma_n t - \varepsilon_n)$$

其中 $\sigma_n = 2\pi f_n$ ， ε_n 為界於 0 與 2π 間之隨機變數。

a. Brestschneider 波譜

$$S(f) = 0.430 H^2 T^4 f^{-5} \exp(-0.675 T^{-4} f^{-4})$$

b. Brestschneider-Mitsuyasu 波譜

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 / T_{1/3}^4 f^{-5} \exp(-1.03 T_{1/3}^{-4} f^{-4})$$

$H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ 為欲模擬造波波譜的有義波高及週期。

c. JONSWAP 波譜

$$S(f) = \alpha (2\pi)^{-4} g^2 f^{-5} \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{f}{f_p} \right)^4 \right] \gamma^{\exp \left[-\left(\frac{f}{f_p} - 1 \right)^2 / 2\sigma^2 \right]}$$

$$\begin{cases} \sigma = 0.07 & f \leq f_p \\ \sigma = 0.09 & f > f_p \end{cases}$$

$$\alpha \approx 0.081$$

$$\gamma \approx 3.3$$

f_p 為頂點頻率

載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈